



# **Satellitbildsbaserade skattningar av skogsområden med röjningsbehov**

**Satellite image based estimations of forest  
areas with cleaning requirements**

**Martina Dahl**

**Arbetsrapport 84 2001**

---

SVERIGES LANTBRUKSUNIVERISTET  
Institutionen för skoglig resurshushållning  
och geomatik  
S-901 83 UMEÅ  
Tfn: 090-786 58 25 Fax: 090-77 81 16

ISSN 1401-1204  
ISRN SLU-SRG-AR--84 --SE



# **Satellitbaserade skattningar av skogsområden med röjningsbehov**

**Satellite image based estimations of forest  
areas with cleaning requirements**

**Martina Dahl**

**Arbetsrapport 84 2001**  
**Examensarbete i skoglig planering**  
**Handledare: Hampus Holmström, SLU**

---

SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET  
Institutionen för skoglig resurshushållning  
och geomatik  
S-901 83 UMEÅ  
Tfn: 090-786 58 25 Fax: 090-77 81 16

ISSN 1401-1204  
ISRN SLU-SRG-AR--84 --SE

## **Förord**

Detta examensarbete har utförts vid institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) Umeå. Arbetet är en del av Skogsvetarprogrammet och motsvarar 20 poäng. Initiativtagare till arbetet var Skogsvårdsstyrelsen i Västerbottens län (SVS AC) som önskade en utvärdering av satellitbildsbaserade metoder för identifiering av röjningsobjekt.

Sofia Blomquist och Sören Persson, SVS AC, har fungerat som handledare och bidragit med satellitdata, skogsbruksplaner och annan betydelsefull information. Vid SLU har Hampus Holmström stått som ständigt positiv handledare och varit behjälplig med såväl teoretiska kunskaper som vid praktiska bekymmer. Tack till mina handledare samt övriga vid SLU och SVS AC som varit till hjälp under arbetets gång.

Umeå, april 2001

Martina Dahl

# Innehållsförteckning

<b>Sammanfattning</b>	<b>4</b>
<b>Summary</b>	<b>5</b>
<b>1. Inledning</b>	<b>6</b>
1.1 Røjning	6
1.2 Fjærranalys	8
1.3 GIS	9
1.4 Syfte	10
<b>2. Material och metod</b>	<b>11</b>
2.1 Försöksområde	11
2.2 Fältdata	11
2.3 Satellitdata	13
2.4 Skattning av röjningsbehov	13
2.5 Utvärdering	13
<b>3. Resultat</b>	<b>15</b>
3.1 Analys på ytnivå	15
3.2 Analys på avdelningsnivå	15
3.3 Lövandel	17
<b>4. Diskussion</b>	<b>18</b>
4.1 Generellt och anpassat tröskelvärde	18
4.2 Betydelsen av lövandel	18
4.4 Analysens felkällor	19
<b>Referenser</b>	<b>20</b>

## Bilagor

1. Fältdata från inventering, Kulbäcksliden
2. Karta över Kulbäcksliden, tröskelvärde 0.4
3. Karta över Kulbäcksliden, tröskelvärde 0.3

## Sammanfattning

En komponent i skogsskötseln är röjning, vilket nyttjas för att öka produktiviteten och den ekonomiska lönsamheten i skogsbruket. Den klassiska metoden för att identifiera skog i behov av röjning är genom fältinventering. Metoder har även utvecklats för att göra skattning av röjningsbehov med hjälp av satellitbilsinformation och digital bildanalys, bland annat med ArcView och Enforma som används i denna studie.

För analyserna har fastigheten Kulbäcksliden 1:3 använts. Fastigheten ligger drygt 5 mil nordväst om Umeå i Västerbottens län. Ett antal ytor har inventerats i fält för att ligga som grund, representerande 'sant marktillstånd'. Inventeringsmetoden är objektiv och baseras på trädslag, antal stammar och ståndortsegenskaper. Fastigheten Hummelholm 6:6 har nyttjats för utvärdering, men då endast med plandata som facit. Hummelholm ligger ca 6 mil sydväst om Umeå.

Valet av stickprovsavdelningar skedde slumpmässigt. Totalt inventerades 102 ytor fördelade på 34 avdelningar. För navigering och positionering användes GPS. I analysen användes en satellitbild från SPOT 4 tagen sommaren 1999.

I skattningen av röjningsbehov användes ett vegetationsindex. Det värde som skiljer röjningsobjekt från ej röjningsobjekt benämns här tröskelvärde. I analysen har två typer av tröskelvärden utvärderats, dels ett generellt tröskelvärde, del ett anpassat. Genom nyttjande av fältreferensdata kunde 17 % fler ytor klassificeras korrekt med det anpassade tröskelvärdet. 73 % av ytorna klassificeras korrekt med det anpassade tröskelvärdet. Då samma tröskelvärden nyttjades på fastigheten Hummelholm 6:6 blev resultatet inte detsamma. I det fallet klassificeras 5 % fler avdelningar korrekt med det generella tröskelvärdet än med det anpassade. På fastigheten Hummelholm kan 75 % av avdelningarna klassificeras korrekt med ett generellt tröskelvärde.

Andelen löv kan anses vara det som skiljer de korrekt klassificerade ytorna från de felaktigt klassificerade. Analyserna påvisade att de korrekt klassificerade ytorna med faktiskt röjningsbehov i genomsnitt hade 47 % löv, medan de felaktigt klassificerade ytorna hade en lövandel på 34 %.

## Summary

A component of forest silviculture is cleaning, also a pre-commercial thinning. The traditional method to identify forests in need of cleaning is by ocular field inventories. Procedures have been developed to perform digital image analyses using satellite data in order to find forest areas with cleaning requirements, e.g. by using ArcView or Enforma, software used in this study.

The forest estate Kulbäcksliden 1:3 was used as study area, located 50 km north-west of Umeå in Västerbotten county. Plots were field inventoried, to serve as evaluation objects. The objective measurements were based on number of stems, tree species composition and site conditions. The forest estate Hummelholm 6:6 was used in analyses of results derived from Kulbäcksliden. Hummelholm is located 60 km south-west of Umeå.

Sampling of compartments were made randomly. Within 34 forest stands, a total of 102 plots were inventoried. Forest maps, compass and GPS were used in the field navigation, the GPS also to derive a position of the field plots. A SPOT 4 satellite image acquired during the summer of 1999 was used in the analyses.

The result was presented as amount of correctly and incorrectly classified plots and compartments. Correctly classified objects indicate those with the same result in the objective field inventory as in the satellite image-based estimations.

The satellite image estimations were based on pixelwise vegetation indices and a threshold value. The threshold value separate areas estimated in need of cleaning from areas without cleaning requirements. A general threshold value and a fitted threshold value were developed and analysed. The fitted threshold value maximizes the number of correctly classified plots. In comparisons between the two values, 17 % more correct classified plots were obtained when using the fitted threshold value. Using the same threshold values for Hummelholm, the general threshold value was 5 % more reliable, thus indicating that a representative field-data is necessary to ensure more correct classifications.

The difference that characterize the correct classifications could be the amount of broad-leaved trees. The correct classified plots (of the plots with field measured cleaning requirements) showed an average of 47 % deciduous trees, while the incorrect classified plots showed a corresponding amount of 34 % broad-leaves.

## 1. Inledning

Behovet av röjning kan uppkomma snabbt. Ungskogar har en relativt högre förändringstakt än äldre, etablerade skogar. Dessutom utgörs den konkurrerande växtligheten oftast av särpräglade primära trädslag (björk, sälg, asp, etc) med god förmåga till spridning och snabb juvenil tillväxt.

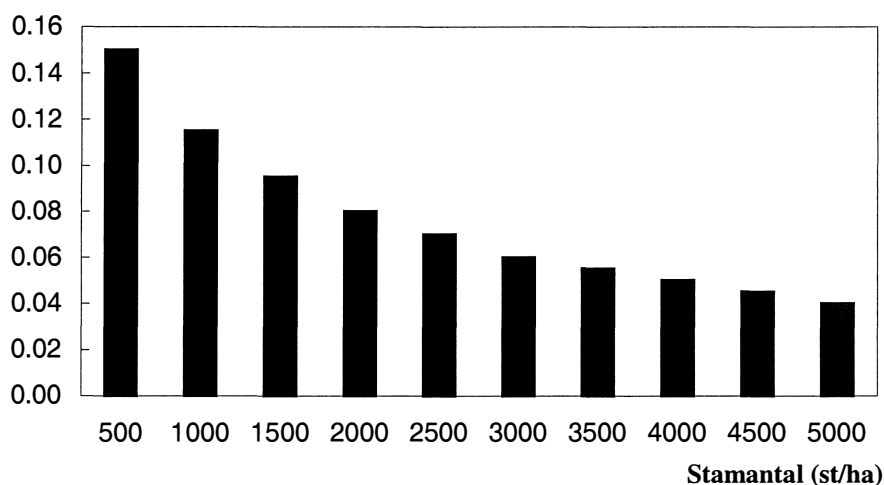
Skogsbruksplaner finns för nästan all skogsmark i Sverige. Normalt upprättas planerna med ca 10 års intervall. Planerna ger en ögonblicksbild av skogstillståndet och försöker sedan prognostisera skogens utveckling under resterande del av planperioden. Snabba, och ibland oväntade, förändringar i ungskogarna kan medföra att skogsbruksplanens innehåll och åtgärdsförslag relativt snabbt blir missvisande.

En fördel med satellitbilsinformation som ett komplement till skogsbruksplanen är att dessa bilder uppdateras regelbundet. På så vis kan de ge en bättre bild av skogens aktuella tillstånd och därmed medföra ökade möjligheter till korrekt insatta skogsvårdsåtgärder.

### 1.1 Röjning

Genom röjning kan skogsägaren påverka skogens framtida utseende och kvalitet. Det kan anses vara olönsamt att alla stammar får stå kvar och ta del av solljus, näring och vatten om endast ett fåtal av dem skall växa vidare in i den framtida produktionsskogen. I och med att beståndet glesas ut genom röjning blir kvarvarande stammar stabilare och risken för skador, såsom snöbrott och vindfällning, minskar (Enström 1996). Trädens rotfasthet och stabilitet ökar i den röjda skogen jämfört med den orörda skogen. Diameterutvecklingen hos det enskilda trädet påskyndas även av röjningen (Johansson och Pettersson 1995). I figur 1 illustreras schematiskt hur stamvolymen minskar med ökat stamantal (Jacobsson 1997). Hur mycket som skall röjas beror på ståndortsegenskaper, aktuella beståndsegenskaper samt målsättningen med det framtida beståndet (Enström 1996).

Volym ( $\text{m}^3\text{fub}$ )



Figur 1. Medelstammens volym beroende på antalet stammar per hektar.

Det antal stammar som bör lämnas efter den slutliga röjningen varierar mellan norra och södra Sverige, mellan svaga och goda marker, samt mellan olika trädslag. På de bördigaste markerna i södra Sverige kan upp till 3400 stammar per hektar (st/ha) lämnas. I norra Sverige på de svagaste markerna bör endast lämnas ca 1500 st/ha. Vid jämförelse mellan svaga och goda marker med samma trädslag och i samma del av landet skiljer upp till 1200 st/ha (Iwarsson 2001).

Begreppet röjning har funnits i skogliga kretsar i åtminstone 150 år. Redan då fanns insikt om att för hög stamtäthet gav upphov till klena stammar, vilka i sin tur riskerade att råka ut för skador och påföljande självgallring. Enligt Skogsstyrelsen bör minst 275000 ha röjas varje år för att inte röjningsarealen skall öka. Den areal som årligen röjs i Sverige har varierat under åren. På 1970-talet röjdes årligen i Sverige ca 200000 ha, vilket resulterade i alltmer ökande arealer skogsmark med röjningsbehov. Därav infördes 1979 röjningsplikt i skogsvårdslagen, kompletterad med visst ekonomiskt röjnings-stöd till skogsägare. I och med detta kom arealerna röjd skog att öka under de påföljande åren, något som gjorde att plikten att röja och det ekonomiska bidraget slopades 1994. Skogsägarna ansågs medvetna om vikten av 'god skogsvård'. Utan lagbundna medel verkar Skogsvårdsstyrelserna idag för god skogsvård och kunskap om röjning genom rådgivning till skogsägarna. I dagsläget har arealen röjd skog åter sjunkit till ca 200000 ha (Iwarsson 2001).

Två typer av röjning brukar särskiljas; *plantskogsröjning* och *ungskogsröjning*. Vid plantskogsröjning är höjden på träden lägre än 1.3 meter och utförs vid ca 1.0 m höjd. Efter plantskogsröjningen bör stamantalet vara 6000-8000 st/ha. Hur många stammar som lämnas kvar påverkas bland annat av klimat, risk för viltskador och ståndortens övriga förutsättningar. Plantskogsröjningen åtföljs vanligen av en ungskogsröjning. Denna röjning utförs då träden är 2.5-5.5 m höga. Ungskogsröjning delas in i ett antal mindre grupper med avseende på röjningens utförande; *Punktröjning*, *Kronobergsmetoden*, *Tvåstegsröjning* och *Lövröjning*. Punktröjning benämns även brunnsröjning och används vanligen i gran och lövföryngringar, men även vid tallföryngring. Huvudstammar väljs ut och röjningen utförs i en 0.5 m radie kring dessa stammar. Kronobergsmetoden är lämplig vid gran- och lövbestånd som riskerar frostangrepp. Lövet glesas ut till en skärm över granen och fungerar som skydd mot frost samt förhindrar även en alltför snabb ungdomsutveckling hos granen. Lövskärmens täthet är en balansgång då en tät skärm bättre skyddar mot frost men kan i alltför hög grad hämma granens tillväxt. Metoden är relativt kostsam. Resultatet kan dock bli mycket gott, särskilt om lövet ger gagnvirke vid avveckling av skärmen. Tvåstegsröjning lämpar sig för tallbestånd med potential för en hög timmerkvalitet. Först enkelställs träden och ett förband på 1.0-1.3 m skapas. Röjningen utförs då plantorna är ca 1.0 m höga och kvar lämnas 6000-10000 st/ha. Då beståndet är 4.0-5.0 m röjs det till för marken lämpligt antal stammar. Lövröjning får ibland utföras tidigt för att förhindra att övriga stammar hämmas i sin tillväxt. Senast vid en huvudstamhöjd på 1.0 m bör röjningen utföras. Ofta är det fuktiga ståndorter som drabbas av stora lövuppslag (Iwarsson 2001).

För att identifiera de arealer som har röjningsbehov finns ett antal tillvägagångssätt. Bedömningar i fält är ofta tidskrävande och därmed kostsamma. Med fjärranalysinformation kan en högre kostnadseffektivitet uppnås. Bildtolkning kan ske manuellt, t ex i stereomonterade flygbilder, eller med automatiserad digital bildanalys.



## 1.2 Fjärranalys

Skogsbruket besitter stor kunskap kring och erfarenhet av att använda flygfotografier i den skogliga planeringen (Åge 1985). Metodens fördel är att stora arealer snabbt kan täckas in, vilket ger en relativt låg kostnad per hektar. Den fördelen finns även i den nya tekniken med satellitbilder. Satellitbilder uppdateras med jämna mellanrum, vilket ökar bildernas aktualitet. För att skatta tillståndet i ett skogsområde med hjälp av satellitteknik bör ett referensmaterial med tillförlitlig fältdata finnas tillgängligt. Fältdata bör vara representativt för det område som skall skattas (Hagner m fl 1999).

En nackdel med satellitbilder är dock att många andra faktorer än marktillståndet påverkar den information som bilden ger. Solens vinkel och uppkomsten av skuggor påverkar, liksom markens lutning och atmosfären. En bild ser olika ut före och efter lövsprickning, då det infallande solljuset reflekteras olika beroende på markvegetationens sammansättning (Lillsand och Kiefer 1994).

Den första satelliten för monitorering av jordresurserna sändes upp 1972. Den hette ERTS 1 och skulle fungera som underlag för registrering av tillståndet på jordskorpan. Det var den första civila satelliten utrustad med optisk sensor, det vill säga som levererar traditionella 'bilder' av jordytan. Därefter sände amerikanska rymdstyrelsen NASA upp satelliten Landsat (Enander och Minell 1993). Satelliternas sensorer registrerar reflekterat ljus i ett eller oftast flera våglängdsband. Det är dock ytterst sällan som nya sensorer utvecklas enbart för användning i skogligt syfte (Hagner m fl 1999).

Den franska satelliten SPOT 1 sändes upp 1986. SPOT har två registreringsinstrument som kallas HRV (High Resolution Visible). Sensorerna insamlar bilddatat radvis, i motsats till Landsats svepande instrument. HRV kan arbeta på två sätt, dels multispektralt och dels pankromatiskt. Multispektralt innebär flera våglängdsband i synligt infrarött ljus. Pankromatiskt har ett brett våglängdsband som ger upphov till 'svart-vita' bilder (Enander och Minell 1993).

SPOT 4 är den senaste modellen och används i föreliggande studie. SPOT 4 insamlar spektrala data i följande fyra våglängdsband:

- 0.43-0.47  $\mu\text{m}$  (grönt ljus),
- 0.50-0.59  $\mu\text{m}$  (rött ljus),
- 0.61-0.68  $\mu\text{m}$  (närinfrarött ljus, NIR),
- 0.79-0.89  $\mu\text{m}$  (kortvågigt- (mitt-) infrarött ljus, SWIR).

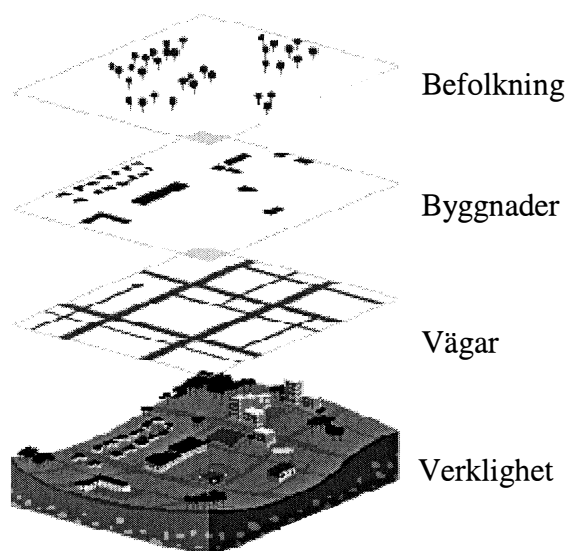
En skillnad mellan SPOT och Landsat är att de två instrumenten i SPOT kan registrera med upp till 27° vinkel från lodlinjen. De båda sensorerna kan vinklas oberoende av varandra, vilket gör att registrering kan ske av ett område med tre dagars intervall. Därmed ökar möjligheten till bra och molnfri registrering. SPOT erbjuder även registrering i stereo (Enander och Minell 1993).

Den infraröda informationen kan användas för att skilja olika vegetationstyper från varandra (Walter 1998). Vegetationsindex beräknas från relationer mellan olika bandvärden i satellitbilden. Indexet grundar sig på att klorofyllrik vegetation, såsom lövträd, reflekterar närinfrarött (NIR) ljus i hög utsträckning. Det synliga ljuset absorberas nästan helt av klorofyllet, och endast ca 10 % reflekteras. Det närinfraröda ljuset reflekteras till ca 50 %. Genom att använda sig av förhållandet mellan det närinfraröda ljuset och rött ljus kan man försöka skatta andelen lövträd (Bank och Persson 1998).

### 1.3 GIS

Geografiska informationssystem (GIS) används i skogsbruket främst inom skogsbruksplaneringen. GIS används för att hantera och analysera information om lägesbestämda objekt, exempelvis information som traditionellt visas på kartor. Förändringar i t ex beståndsregister kan lätt läggas in och olika alternativ jämföras. Skogsbolagen har sedan 1970-talet använt sig av digitaliserade skogskartor. Med digitalisering menas att överföra analog information till digitalt format. I begreppet digitalisering ligger ofta att informationen också kopplas till ett geografiskt läge. Förutom de skogliga tillämpningarna används GIS även för att analysera miljöutsläpp, informera om vägar och annat som har ett geografiskt läge (Heywood m fl 1998).

Utgångspunkten i GIS är en elektroniskt lagrad och digitalt presenterad karta med x-, y- och ibland även z-koordinater. Ovanpå den kan läggas flera lager/teman med information om det aktuella området (figur 2). Dessa lager visar olika objekt till vilka databaser kan kopplas. I GIS hanteras de olika objekten som punkter, linjer eller ytor (vektorer) eller som ett rutnät (raster) (Heywood m fl 1998).



Figur 2. Olika lager med information över ett område. Lagren kan läggas samman beroende på behov och användningsområde ([www.gis.com](http://www.gis.com)).

## 1.4 Syfte

Syftet med föreliggande studie är att granska och utvärdera möjligheten att nyttja satellitbilder vid identifiering av röjningsobjekt. Först utvärderas hur stort utfall av korrekta klassificeringar som ett generellt tröskelvärde ger. Vidare studeras i vilken utsträckning ett referensmaterial av fältmätningar kan förbättra noggrannheten i skattningarna genom anpassningar av tröskelvärdet. Generellt och anpassat tröskelvärde utvärderas på såväl ytnivå som avdelningsnivå. Utvärderingarna görs mot fältmätta facitvärden på två skogsfastigheter i Västerbottens kustland.

## 2. Material och metod

### 2.1 Försöksområde

Det huvudsakliga försöksområdet, fastigheten Kulbäcksliden 1:3, är beläget 8 km väster om Vindeln (64° N, 20° Ö). Vindeln ligger 6 mil väster om Umeå. Den privatägda fastigheten är en kombinerad jord- och skogsbruksfastighet på totalt 589 ha. Skogsvårdsstyrelsen upprättade 1999 en skogsbruksplan över fastigheten. Plandata insamlades via förtolkning i flygbilder och påföljande (subjektiv) fältinventering. Av den totala arealen är 472 ha skogsmark, 80 ha myrimpediment, 1 ha bergsmark, 29 ha inägomark och 7 ha övrig mark. Fastigheten består främst av frisk blåbärstyp i barrblandskog, men lövskog förekommer som inslag i barrbestånden. Löv utgör 21 % av virkesförrådet. Björk och grova aspar återfinns främst på igenväxande myrodlingar. I barrblandskogen utgör tall 42 % av virkesförrådet och gran 36 %. Med avseende på åldersstrukturen dominerar i dagsläget den unga skogen, 41 % av arealen är plant- eller ungskog.

Det råder ett typiskt inlandsklimat i Kulbäcksliden med relativt hög nederbördsmängd. Under vegetationsperioden faller mellan 550-600 mm nederbörd. Genom fastigheten går tre bäckar; Kulbäcken, Aggbäcken och Ostjärnsbäcken, som samtliga rinner ner till Vindelälven. Bäckarna ger lövrika områden längs vattenkanten samt goda tillhåll för bäcköring och bäver.

En andra fastighet, Hummelholm 6:6, har nyttjats för att vidare utvärdera resultat erhållna för Kulbäcksliden. Inga fältmätningar har dock genomförts här, i analyserna av Hummelholm har skogsbruksplanens uppgifter nyttjats som facit. Hummelholm ligger väster om Nordmaling, ca 6 mil sydväst om Umeå. Fastigheten består enligt Skogsvårdsstyrelsens skogsbruksplan, upprättad 1999, av 145 ha skogsmark, samt 4 ha myrimpediment, 28 ha bergsmark, 7 ha inägomark och 2 ha övrig mark. Av arealen skogsmark är 34 % plant- eller ungskog.

### 2.2 Fältdata

På fastigheten Kulbäcksliden 1:3 genomfördes under våren 2000 fältinventering inom ett antal avdelningar. För att välja ut vilka avdelningar som skulle inventeras gjordes en stratifiering med avseende på huggningsklasserna angivna i skogsbruksplanen. Urvalet av avdelningar skedde slumpmässigt utan återläggning. Avdelningar som förväntades ge en hög andel röjningsobjekt (huggningsklasser <R2) tilldelades större sannolikhet att hamna i utfallet. En lista över avdelningarna upprättades fördelad på de olika huggningsklasserna. För varje avdelning drogs ett rektangulärfördelat slumpstal mellan 0-1. Avdelningen föll ut som stickprovsavdelning om slumptalet hamnade mellan 0-0.7 för avdelningar med huggningsklass <R2. Övriga avdelningar föll ut om slumptalet hamnade mellan 0-0.5. Målsättningen, begränsad av budgetramar, var att erhålla ca 40 stycken avdelningar för fältinventering.

För varje stickprovsavdelning mättes det längsta avståndet mellan avdelningens kanter, antingen från söder till norr eller från väster till öster. Då varje avdelning skulle ha tre provytor dividerades avståndet med tre för att ta fram förbandet mellan

provytorna. Startpunkten erhöles genom att ett slumpstal mellan 0-1 multiplicerades med förbandet. Med start antingen i söder eller i väster lades sedan provytorna ut.

I fält inventerades 102 ytor fördelade på 34 avdelningar. Av dessa ytor var 42 st i röjningsbehov. Röjningsbehov bestämdes via objektivet insamlade uppgifter om stamantal, trädslag och ståndortsindex uppmätta i fält. Röjningsbehov ansågs föreligga om antalet stammar var högre än värden angivna i 1988 års skogsvårdslag som gräns för när röjningsplikt föreligger (tabell 1). Linjär interpolering nyttjades vid mellanliggande värden. Specifik redovisning av varje inventerat objekt återfinns i bilaga 1.

*Tabell 1. Antal stammar som bör stå kvar efter ett röjningsingrepp, beroende av trädslag och ståndortsindex (Skogsvårdslagen 1988).*

SI, tall (m)	Stamantal efter röjning (st/ha)	SI, gran (m)	Stamantal efter röjning (st/ha)
T28	2950	G32	2600
T24	2600	G28	2350
T20	2250	G24	2050
T16	1900	G20	1800
T12	1600	G16	1550

Provytorna lokaliserades och positionerades med GPS (Global Positioning System). Varje cirkelprovytas area var 100 m<sup>2</sup> (radie 5.64 m). På provytorna registrerades följande:

- antal stammar över 1.3 m,
- trädslagsfördelning av tall, gran samt löv (%),
- grundtyevägd medelhöjd för stammarna på ytan (m),
- fuktighetsklass och ståndortstyp,
- x- och y-koordinater i rikets nät RT 90 (m).

Därtill gjordes en subjektiv bedömning av röjningsbehovet i klasserna röjningsbehov (1) eller ej röjningsbehov (0) som komplement till den objektiva klassificeringen. Den subjektiva bedömningen har dock inte används i analyserna.

Den GPS som användes vid fältinventeringen var en Garmin XL med 12 kanaler. Positioneringsfelet antas vara högst 10-15 m i horisontalplanet. Ingen differentiell korrigering av GPS-data genomfördes. Nyttjandet av GPS gjordes efter det att den medvetna störningen av GPS-signalerna, SA (Selective Availability), upphörde 2000-05-01. Vädret under fältinventeringen var främst molnigt, med visst inslag av regn.

## 2.3 Satellitdata

Den satellitbild från SPOT 4 som användes i studien var tagen 12 juni år 1999, framställd av SSC Satellitbild. Bilden är från på förmiddagen med en solvinkel på 49°. Geometrisk korrigering har skett och bilden täcker en areal på 6x6 mil av Västerbottens kustland. Bildens upplösning är 20x20 m. Satellitbilden (054-218) innehåller spektral data i fyra olika våglängdsband.

## 2.4 Skattning av röjningsbehov

Dataprogrammen ArcView 3.2 och Enforma 1.1 baserar sig på utvärdering med hjälp av vegetationsindex. ArcView är framtaget av ESRI Sweden AB och har ett flertal tillämpningsområden utöver röjningsanalyser. Enforma är ett program utarbetat av Skogsstyrelsen i syfte att enbart användas för att finna områden med röjnings- eller gallringsbehov.

Ett vegetationsindex kallat NDVI (Normalised Difference Vegetation Index) beräknas enligt  $(DN_{NIR} - DN_R) / (DN_{NIR} + DN_R)$  där DN avser de pixelvisa digitalnivåerna i våglängdsbanden närinfrarött (NIR) respektive rött (R). Digitalnivåerna är i aktuell bild representerade av 8 bitars värden (d v s 0-255, heltal) och NDVI erhåller ett värde mellan 0 och 1 (Bank och Persson 1998).

Från vegetationsindex delas pixlarna in i två klasser, och brytpunkten mellan dessa benämns tröskelvärde. Efter klassificering ('tröskling') erhålls en bild med pixelvärdena 0 eller 1, där klass 1 innefattar de områden som har värden ovanför tröskelvärdet. Klass 1 antas vara områden med röjningsbehov.

I analysen har två tröskelvärden använts, dels ett generellt tröskelvärde, dels ett anpassat tröskelvärde. Det generella tröskelvärdet baseras på att av den totala arealen skogsmark i Västerbotten är 10-15 % i behov av röjning (Skogsstyrelsen 2000). Detta utfall ges i använd satellitbild ungefär vid tröskelvärdet 0.4. Det anpassade tröskelvärdet är framtaget med målsättningen att erhålla maximalt korrekt klassificerade ytor. Stegvisa försök gjordes med tröskelvärden mellan 0.1 och 0.5. Det generella tröskelvärdet och det anpassade tröskelvärdet har sedan även använts för analyser på avdelningsnivå för Kulbäcksliden. För att utvärdera möjligheten att tillämpa anpassade tröskelvärden inom andra områden har båda trösklarna nyttjats på fastigheten Hummelholm.

## 2.5 Utvärdering

Utvärdering har skett enligt korrekt och felaktigt klassificering av ytor och avdelningar. Korrekt klassificerad avser en yta eller en avdelning som enligt fältinventeringsdata erhöll röjningsbehov och som även erhållit röjningsbehov i satellitbildsanalysen, alternativt föll ut med ej röjningsbehov i fältinventeringen och med ej röjningsbehov i satellitbildsanalysen. Övriga ytor och avdelningar anses vara felaktigt klassificerade (figur 3). De ytor och avdelningar som enligt den objektiva inventeringen klassificerades med röjningsbehov respektive ej röjningsbehov ligger som grund (som 'facit') för jämförelser i ArcView.

Fältinventering			
Röjning	Ej röjning		
$K_1$	$F_1$	Röjning	Satellitbildsskattning
$F_2$	$K_2$	Ej röjning	

Figur 3. Överrensstämmelse mellan objektiva fältmätningar och satellitbildsskattningar ger upphov till korrekt klassificering ( $K_1$  och  $K_2$ ), annars felaktig klassificering ( $F_1$  och  $F_2$ ).

Utvärdering har skett på såväl ytnivå som på avdelningsnivå. Med ytnivå avses den provyta som inventerats i fält och som med hjälp av koordinatsystemet återfinns i satellitbilden. I analyserna har enbart räknats objekt som fallit ut på en pixel samt på närmast intilliggande pixel, d v s en felmarginal på 1 pixel (20 m) har accepterats i analyserna.

För varje avdelning finns av tre fältinventerade ytor. När utvärdering sker på avdelningsnivå föreligger två antaganden. Avseende fältinventeringen skall två av de tre inventerade ytorna vara i röjningsbehov för att hela avdelningen skall anses ha ett röjningsbehov. I satellitbilden gäller antagandet att 50 % eller fler av pixlarna skall vara klassificerade med röjningsbehov för att hela avdelningen skall räknas som skattat röjningsbehov enligt satellitbildsinformationen.

Vidare undersöks lövandelens betydelse i klassificeringarna. Ett vegetationsindex kan antas främst belysa förekomst alternativt frånvaro av löv inom ett visst område.

### 3. Resultat

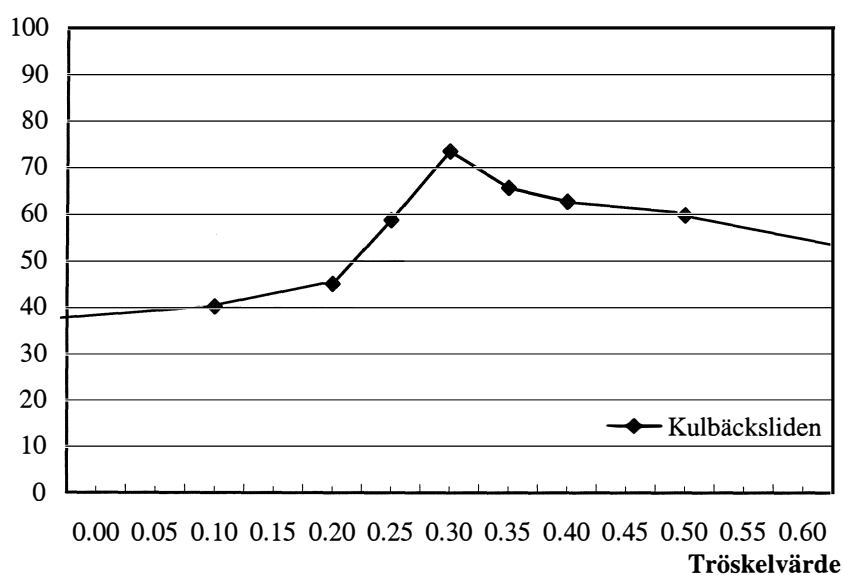
#### 3.1 Analys på ytnivå

När det generella tröskelvärde 0.4 används blir andelen rätta klassificeringar 63 % av ytorna. Maximal korrekt klassificering erhöles vid tröskelvärde 0.3 (tabell 2), 74 % av ytorna klassificerades då rätt, en ökning med 17 % jämfört med nyttjande av det generella tröskelvärde (figur 4).

*Tabell 2. Antal korrekt klassificerade ytor ( $K_1$  och  $K_2$ ) för varje analyserat tröskelvärde i Kulbäcksliden. Relativ andel korrekt klassificerade ytor i förhållande till totalt antal inventerade ytor ( $n = 102$ ) anges inom parentes.*

Tröskelvärden	0.10	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.50
Kulbäcksliden	41 (40%)	46 (45%)	60 (59%)	75 (74%)	67 (66%)	64 (63%)	61 (60%)

**Andel  $K_1$  och  $K_2$  (%)**



*Figur 4. Andelen korrekt klassificerade ytor ( $K_1$  och  $K_2$ ) för olika tröskelvärden, ytviss analys för fastigheten Kulbäcksliden.*

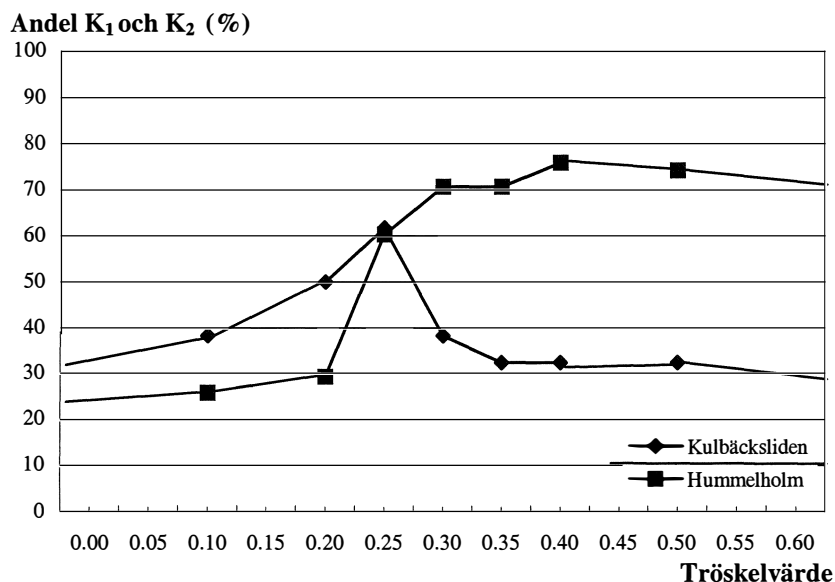


### 3.2 Analys på avdelningsnivå

Vid avdelningsanalys för Kulbäcksliden blir andelen korrekt klassificerade avdelningar 32 % vid det generella tröskelvärdet 0.4. Det anpassade tröskelvärdet 0.3 ger 38 % korrekt klassificerade avdelningar. En anpassning av tröskelvärdet medför att andelen rätt klassificerade avdelningar höjs med 18 %. På avdelningsnivå ger tröskelvärdet 0.25 ett ännu bättre resultat än det på ytnivå anpassade tröskelvärdet 0.3. Då både generellt och anpassat tröskelvärde nyttjas för fastigheten Hummelholm blir resultatet annorlunda. Vid tröskelvärdet 0.4 blir andelen korrekta klassificeringar 76 % och med det anpassade tröskelvärdet 0.3 minskar andelen rätta klassificeringar till 71 %. Det generella tröskelvärdet ger här 7 % fler rätta klassificeringar än det anpassade tröskelvärdet. Det anpassade tröskelvärdet 0.3 är framtaget med fält-referensdata från Kulbäcksliden.

*Tabell 3. Antal korrekt klassificerade avdelningar ( $K_1$  och  $K_2$ ) för varje analyserat tröskelvärde i Kulbäcksliden och Hummelholm. Relativ andel korrekt klassificerade avdelningar i förhållande till totalt antal inventerade avdelningar ( $n = 34$ ) anges inom parentes.*

Tröskelvärden	0.10	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.50
$K_1$ och $K_2$ , Kulbäcksliden	13 (38%)	18 (50%)	21 (62%)	13 (38%)	11 (32%)	11 (32%)	11 (32%)
$K_1$ och $K_2$ , Hummelholm	15 (26%)	17 (29%)	35 (60%)	41 (71%)	41 (71%)	44 (76%)	43 (74%)



*Figur 5. Andelen korrekt klassificerade avdelningar ( $K_1$  och  $K_2$ ) för olika tröskelvärden, avdelningsvis analys för fastigheterna Kulbäcksliden och Hummelholm.*

### 3.3 Lövandel

Andelen löv av det totala virkesförrådet på hela fastigheten Kulbäcksliden är enligt skogsbruksplanen 21 %. För det fältinventerade materialet är andelen 40 % (med avseende på stamantal). Vid det anpassade tröskelvärde 0.3 är lövandelen i genomsnitt 47 % bland de röjningsytor som klassificerades rätt med satellitbilsinformation. Hos de röjningsytor som klassificerades fel är i genomsnitt 34 % löv (tabell 5).

*Tabell 5. Lövandel vid olika nivåer, avser fastigheten Kulbäcksliden.*

Nivå	Lövandel (%)
Hela fastigheten	21.0
Fältinventerade ytor	39.0
Korrekt klassificerade röjningsytor	46.8
Felaktigt klassificerade röjningsytor	34.0

## 4. Diskussion

Med det ökande intresset för alltmer rationella och effektiva arbetsmetoder kommer inventering med hjälp av satellitbilder att bli en nyttig komponent i den skogliga planeringen. Möjligheten att via digital bildanalys planera skogsvårdsåtgärder spar tid och därmed pengar. I dagsläget får vi se satellitbildsanalyser som ett komplement till fältbesöken, för att underlätta och effektivisera den skogliga beslutskedjan.

### 4.1 Generellt och anpassat tröskelvärde

Ett anpassat tröskelvärde att nyttja i stället för ett generellt tröskelvärde är uppenbarligen värdefullt. En förutsättning för att finna det anpassade tröskelvärdet är dock kännedom om området genom fältinventering, d v s upprättande av ett representativt referensmaterial. Då ett anpassat tröskelvärde tas fram på ytnivå för Kulbäcksliden förbättras resultatet med 17 % fler korrekta klassificeringar. Dock är det viktigt att poängtera att utfallet blir mycket bra även med det generella tröskelvärdet (63 %). Med detta tröskelvärde blir mer än hälften av ytorna rätt klassificerade.

På avdelningsnivå blir resultatet i det närmaste detsamma, vilket inte är oväntat. Även här ger det anpassade tröskelvärdet närmare 20 % bättre resultat. Här sker även ytterligare en markant förbättring när tröskelvärdet sänks till 0.25.

Behovet av representativt fältdata påvisas i analysen utförd för fastigheten Hummelholm. Där ger det generella tröskelvärdet ett bättre resultat än det anpassade tröskelvärdet. En anledning kan vara att det anpassade tröskelvärdet är framtaget för Kulbäcksliden, vilket är en fastighet med hög andel ung- och plantskog och relativt hög andel lövstammar. Så var inte fallet i Hummelholm, något som visar på att representativt fältdata som referens krävs för att få fram bra resultat. Resultatet varierar även mellan avdelningsnivå och ytnivå. För att skatta ett anpassat tröskelvärde krävs att fältinventeringen utförs på ett sådant sätt att fältdatat kan representera hela det område som det avses nyttjas för.

### 4.2 Betydelsen av lövandel

Det som huvudsakligen skiljer en korrekt klassificerad röjningsyta från en felaktigt klassificering är andelen löv. Resultaten stödjer detta även om skillnaden inte är överdrivet stor. Det är med andra ord framförallt lövröjningsområden som kan särskiljas med den i studien använda metoden. Då vegetationsindex baserar sig på vegetationens rikhet på klorofyll faller sig detta naturligt. Därav är det lättare att med nyttjad satellitbildsmetod med säkerhet särskilja röjningsområden med hög andel löv än lövröjningsområden med hög andel barr. Sådana röjningsobjekt, d v s ungskogsröjning i nästintill rena tall- eller granbestånd, kan förmodligen i dagsläget inte identifieras med satellitbildsinformation.

### 4.3 Analysens felkällor

Med anledning av de felkällor som finns i satellitbild och GPS kan resultaten från en analys av denna karaktär aldrig vara exakta. Koordinater från GPS har normalt ett fel på ca 10 m (Hurn 1989). Tillsammans med satellitbildens geometriska fel, normalt en halv pixelbredd, 10 m (Kiefer och Lillesand 1994), medför viss osäkerhet i resultaten, särskilt på ytnivå.

Både använda skogsbruksplaner och utförd fältinventering kan vara felkällor. Stamantalet varierar oftast relativt mycket inom en avdelning och kan vara svårt att skatta med ett fåtal ytor med relativt liten provyteradie (Ståhl 1992).

Antagandet om att två av tre provytor skall vara i behov av röjning för att hela avdelningen skall klassificeras som i behov av röjning kan ifrågasättas. Det är viktigt att kunna skatta och återfinna stora arealer med röjningsbehov, även om detta inte är aktuellt för en hel avdelning. Motsvarande innebär att det är mindre viktigt att finna små objekt med röjningsbehov även om detta faller inom en hel, men relativt liten avdelning.

## Referenser

- Bank, Hans och Persson, Anders. 1998. Användning av satellitdata – hitta avverkad skog och uppskatta lövröjningsbehov. Skogsstyrelsen, Jönköping, 33 s.
- Blomquist, Sofia. 2000. Analys av lövröjningsbehov med satellitbild – en enkel vägledning för personal inom SVS AC.Handledning datorprogram, Skogsvårdsstyrelsen, Umeå, 9 s.
- Enander, Karl-Göran och Minell, Hugo. 1993. Flygbildsteknik och fjärranalys. Skogsstyrelsen, Jönköping, s 362-370.
- Enström, Jonas. 1996. Grundbok för skogsbrukare. Skogsstyrelsen, Jönköping, s 99-103.
- Hagner, Olle, Nilsson, Mats och Olsson, Håkan. 1999. Satelliter ser skogen. Fakta Skog nr. 9, SLU Uppsala, 4 s.
- Heywood, Ian, Cornelius, Sarah and Carver, Steve. 1998. An introduction to geographical informationsystems. Addison Wesley Longman, Harlow, 279 pp.
- Holmgren, Johan, Joyce, Steve, Nilsson, Mats och Olsson, Håkan. 1999. Framkomliga fjärranalystekniker. Skog och forskning nr. 3, SLU Umeå, s 16-20.
- Hurn, Jeff. 1989. GPS - a guide to the next utility. Trimble Navigation, Sunnyvale, 47 pp.
- Iwarsson, Maria. 2001. Handledning om röjning. SkogForsk, Uppsala, 56 s.
- Jacobsson, Jonas, Johansson, Olof, Karlsson, Hans, Lundmark, Jan-Erik, Sundkvist, Herman och Wahlgren, Bill. 1997. Röjningshandbok. AssiDomän AB, Stockholm, 58 s.
- Johansson, Tord och Pettersson, Nils. 1995. Röjning, kompendium i skogsskötsel. Institutionen för skogsproduktion, SLU Umeå, 24 s.
- Kiefer, Ralph W. and Lillesand, Thomas M. 1994. Remote sensing and image interpretation. John Wiley and Sons, New York, p 496-498.
- Mattsson, Staffan. 1994. Ordning och reda på röjningarna. Redogörelse SkogForsk nr. 3, Uppsala, s 90-94.
- Skogsstyrelsen. 2000. Skogsstatistisk årsbok. Jönköping, 345 s.
- Skogsstyrelsen. 1988. Skogsvårdslagen – handbok. Jönköping, s 32-33.
- Ståhl, Göran. 1992. En studie av kvalitet i skogliga avdelningsdata som insamlats med subjektiva inventeringsmetoder. Institutionen för biometri och skogsindelning, rapport 24, SLU Umeå, s 69-70.

Walter, Fredrik. 1998. Fjärranalys för skoglig planering. Redogörelse SkogForsk nr. 9, Uppsala, 37 s.

Willén, Erik. 1999. Enforma, handledning datorprogram. Skogsstyrelsen, Jönköping, 35 s.

Åge, P-J. 1985. Forest inventory – photo interpretation. Report 13, National land survey, Gävle, 21 pp.

# Bilaga 1

Avd	Yta	Stamantal (st/ha)	Trädslagsfördelning			Höjd (m)	Ståndortsindex (H100, m)	Position		Röjningsbehov (=1, annars 0)		Övrigt
			Tall (%)	Gran (%)	Löv (%)			X (m)	Y (m)	Objektiv	Subjektiv	
27	1N	0	0.0	0.0	0.0	<1.3	T19	7126174	1682520	0	0	Kalhygge 1-2 år gammalt. 5 fröträd.
27	2*	0	0.0	0.0	0.0	<1.3	T19	7126159	1682520	0	0	Kalhygge 1-2 år gammalt. 5 fröträd.
27	3S	0	0.0	0.0	0.0	<1.3	T19	7126135	1682517	0	0	Kalhygge 1-2 år gammalt. 5 fröträd.
29	1S	2400	25.0	12.5	20.8	3.0	T19	7125503	1682277	1	0	Sumpmark, blött.
29	2*	1900	7.1	28.6	64.3	3.5	T19	7125537	1682282	1	0	Sumpmark, blött.
29	3N	1700	17.6	23.5	58.8	4.0	T19	7125569	1682293	0	0	Sumpmark, blött.
24	1S	600	66.7	33.3	0.0	6.0	T18	7125815	1682040	0	0	
24	2*	800	75.0	25.0	0.0	5.0	T18	7125980	1682026	0	0	
24	3N	1200	50.0	16.7	33.3	4.5	T18	7126092	1682030	0	0	Mer ris, mindre mossor än föregående.
21	1S	0	0.0	0.0	0.0	<1.3	T19	7126267	1682024	0	0	Hygge.
21	2*	0	0.0	0.0	0.0	<1.3	T19	7126322	1682030	0	0	Hygge.
21	3N	0	0.0	0.0	0.0	<1.3	T19	7126373	1682034	0	0	Hygge.
23	1V	1700	76.5	23.5	0.0	4.5	T19	7126230	1682242	0	0	Stammar gruppställda, annars glest.
23	2*	800	12.5	25.0	62.5	4.0	T18	7126224	1682242	0	0	
23	3Ö	2300	13.0	8.7	78.3	5.5	T18	7126211	1 682 243	1	1	Enar.
26	1V	1000	50.0	20.0	30.0	5.0	G18	7126203	1682319	0	1	R2?
26	2*	1300	23.1	53.8	23.1	1.5	G18	7126169	1682372	0	1	R2?
26	3Ö	3300	0.0	93.9	6.1	3.0	G18	7126152	1682430	1	1	R2?
35	1V	0	0.0	0.0	0.0	<1.3	T16	7127668	1682996	0	0	Hygge. Uppslag av främst löv, men även gran och tall.
35	2*	0	0.0	0.0	0.0	<1.3	T16	7127670	1682944	0	0	Hygge. Uppslag av främst löv, men även gran och tall.
35	3Ö	0	0.0	0.0	0.0	<1.3	T16	7127670	1682888	0	0	Hygge. Uppslag av främst löv, men även gran och tall.
37	1S	2000	80.0	20.0	0.0	7.0	T18	7127666	1683088	0	0	Stora stenblock.
37	2*	1600	43.8	25.0	31.3	9.0	T18	7127695	1683090	0	0	
37	3N	1900	16.8	26.3	57.9	9.0	T18	7127734	1683093	0	0	Mycket björk.
40	1N	700	85.7	14.3	0.0	16.0	T19	7128309	1683246	0	0	Sluttnng.
40	2*	1100	72.7	27.3	0.0	14.5	T19	7128242	1683239	0	0	Sluttnng.
40	3S	1200	16.7	75.0	8.3	15.0	T19	7128197	1683236	0	0	Sluttnng.

Avd	Yta	Stamantal (st/ha)	Trädslagsfördelning			Höjd (m)	Ståndortsindex (H100, m)	Position		Röjningsbehov (=1, annars 0)		Övrigt
			Tall (%)	Gran (%)	Löv (%)			X (m)	Y (m)	Objektiv	Subjektiv	
42	1N	2300	65.2	34.8	0.0	6.0	T18	7128411	1683460	1	0	Eventuellt R2.
42	2*	1300	92.3	7.7	0.0	8.5	T18	7128295	1683473	0	0	
42	3S	1800	38.9	61.1	0.0	7.0	T19	7127959	1683465	0	0	Lite sumpigt.
44	1V	0	0.0	0.0	0.0	<1.3	T19	7127959	1683487	0	0	Hygge. Enstaka lämnade träd.
44	2*	0	0.0	0.0	0.0	<1.3	T19	7127960	1683529	0	0	Hygge. Enstaka lämnade träd.
44	3Ö	0	0.0	0.0	0.0	<1.3	T19	7127957	1683574	0	0	Hygge. Enstaka lämnade träd.
45	1	1500	86.7	13.3	0.0	9.0	T18	7128147	1683777	0	1	
45	2	1700	94.1	5.9	0.0	6.0	T18	7128147	1683928	0	1	
45	3	1500	100.0	0.0	0.0	11.0	T18	7128149	1684046	0	1	Ytan hamnade i ett något glesare parti.
56	1Ö	2100	23.8	38.1	38.1	6.0	G18	7127806	1684836	1	0	Ytan hamnade i en lucka. Lite lövsly.
56	2*	1000	20.0	80.0	0.0	17.0	G18	7127782	1684740	0	0	
56	3V	1800	61.1	33.3	5.6	15.0	G18	7127788	1684699	1	0	Mycket lövsly, men inget som stör huvudstammarna.
55	1S	0	0.0	0.0	0.0	<1.3	T18	7127812	1684581	0	0	Hamnade på hygget trots GPS.
55	2*	600	0.0	0.0	100.0	2.0	T18	7127872	1684576	0	0	Lövsly.
55	3N	0	0.0	0.0	0.0	<1.3	T18	7127934	1684573	0	0	Lövsly.
53	1Ö	2500	60.0	16.0	24.0	2.0	T18	7127607	1684572	1	1	R2?
53	2*	5300	50.9	24.5	24.5	2.0	T18	7127608	1684490	1	1	
53	3V	0	0.0	0.0	0.0	<1.3	T18	0	0	0	0	Provytan hamnade utanför på ett hygge.
51	1V	0	0.0	0.0	0.0	<1.3	T18	7127677	1684276	0	0	Hygge med små plantor (2-3 dm).
51	2*	0	0.0	0.0	0.0	<1.3	T18	7127678	1684195	0	0	Hygge med små plantor (2-3 dm).
51	3Ö	0	0.0	0.0	0.0	<1.3	T18	7127676	1684111	0	0	Hygge med små plantor (2-3 dm).
48	1Ö	1300	53.8	46.2	0.0	10.5	T18	7127880	1684211	0	0	
48	2*	2400	50.0	41.7	8.3	8.0	T18	7127876	1684153	1	0	
48	3V	1000	80.0	20.0	0.0	12.0	T18	7127865	1684097	0	0	
63	1N	1400	85.7	7.1	7.1	3.0	T18	7127531	1685492	0	0	Märkligt glest bestånd.
63	2*	1200	41.7	58.3	0.0	2.0	T18	7127516	1685481	0	0	Märkligt glest bestånd.
63	3S	2000	65.0	35.0	0.0	2.0	T18	7127478	1685497	0	0	Märkligt glest bestånd.



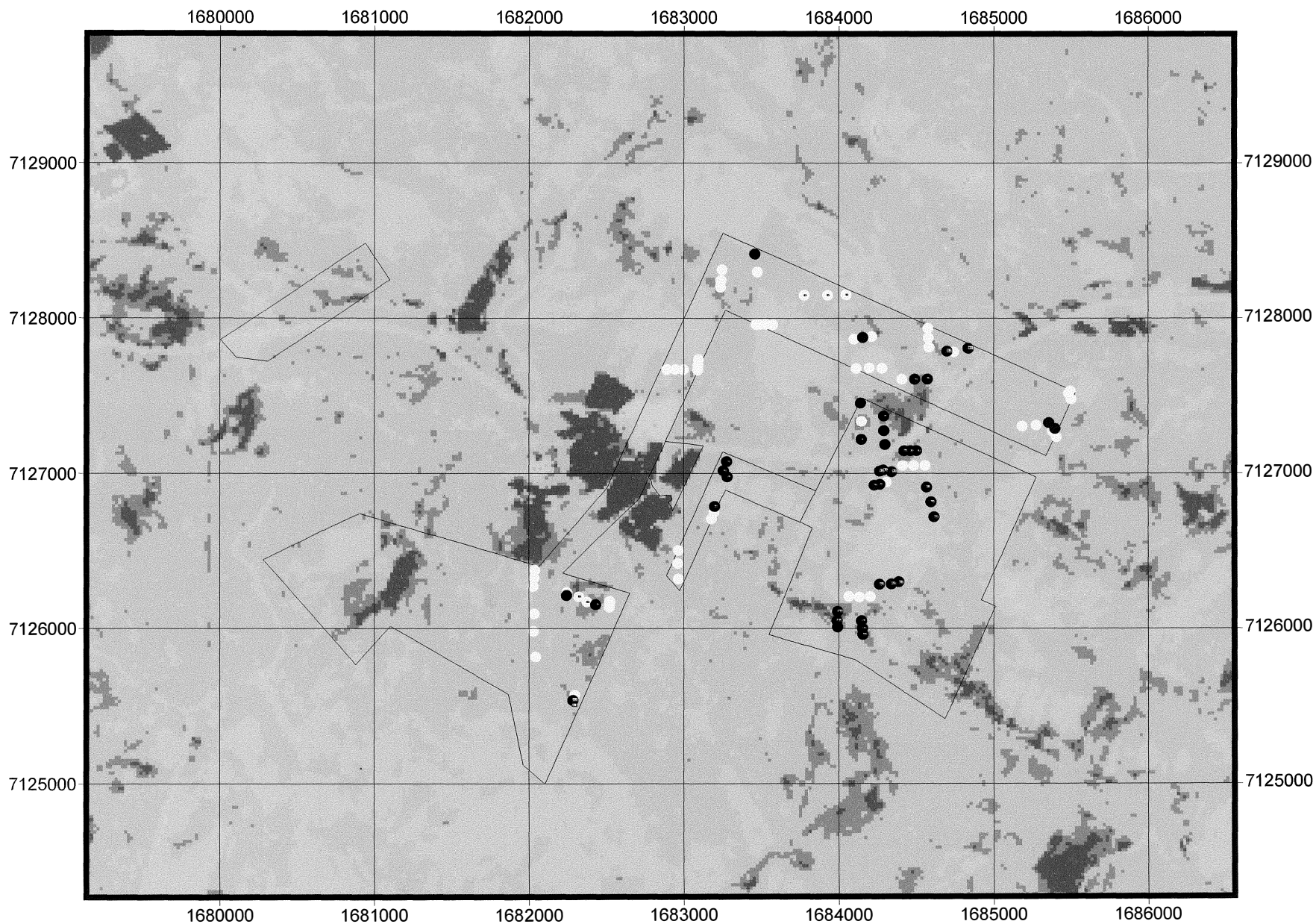
Avd	Yta	Stamantal (st/ha)	Trädslagsfördelning			Höjd (m)	Ståndortsindex (H100, m)	Position		Röjningsbehov (=1, annars 0)		Övrigt
			Tall (%)	Gran (%)	Löv (%)			X (m)	Y (m)	Objektiv	Subjektiv	
64	1N	2500	24.0	68.0	8.0	4.0	T20	7127288	1685395	1	0	
64	2*	1500	40.0	60.0	0.0	4.0	T19	7127234	1685403	0	0	
64	3S	1300	38.5	61.5	0.0	3.5	T19	7127270	1685377	0	0	
65	1Ö	2100	38.1	57.1	4.8	16.0	G19	7127326	1685355	1	0	Lång sluttning.
65	2*	1800	38.9	61.1	0.0	18.0	G19	7127311	1685273	0	0	Lång sluttning.
65	3V	1800	44.4	55.6	0.0	17.0	G19	7127303	1685182	0	0	Lång sluttning.
76	1Ö	3000	10.0	40.0	50.0	10.0	G16	7127009	1684342	1	1	
76	2*	4000	10.0	50.0	40.0	17.0	G17	7127021	1684286	1	1	
76	3V	5800	6.9	41.4	51.7	14.0	G17	7127014	1684264	1	1	Korrigerade punkten, hamnade utanför beståndet.
80	1Ö	2400	54.2	33.3	12.5	3.0	T18	7126923	1684229	1	0	R2? Lövsly.
80	2*	2800	82.1	10.7	7.1	2.0	T18	7126928	1684264	1	0	Alla tallstammar hade gulorange barr - döda? Lövsly.
80	3V	0	0.0	0.0	0.0	<1.3	T18	7126941	1684304	0	0	På gränsen till att vara utanför. Döda stammar.
69	1S	1600	0.0	50.0	50.0	11.0	G17	712670 5	1683177	0	0	Står tätt på vissa ställen, glest på andra.
69	2*	900	11.1	33.3	55.6	13.0	G17	7126747	1683193	0	0	Står tätt på vissa ställen, glest på andra.
69	3N	4400	22.7	0.0	77.3	2.5	G16	7126784	1683199	1	1	Sumpigt med klena stammar.
70	1S	2300	69.6	8.7	21.7	1.5	T18	7126977	1683281	1	1	R2. Gräns mot sumpmark.
70	2*	8300	55.4	0.0	44.6	2.0	T18	7127015	1683257	1	1	Mycket lövsly.
70	3N	6200	29.0	16.1	54.8	2.5	T18	7127076	1683276	1	1	
66	1S	700	14.3	85.7	0.0	23.5	G19	7126317	1682962	0	0	Gammal skog.
66	2*	1200	0.0	66.7	33.3	20.0	G19	7126417	1682959	0	0	Gammal skog.
66	3N	1300	8.7	43.5	47.8	21.0	G19	7126501	1682963	0	0	Gammal skog.
82	1N	2200	100.0	0.0	0.0	3.5	T18	7126909	1684566	1	1	Lövsly och en.
82	2*	4400	88.6	0.0	11.4	3.0	T18	7126814	1684596	1	1	Lövsly och en.
82	3S	2700	81.5	3.7	14.8	3.0	T18	7126717	1684614	1	1	Lövsly och en.
77	1Ö	0	0.0	0.0	0.0	<1.3	T18	7127049	1684556	0	0	Hygge.
77	2*	0	0.0	0.0	0.0	<1.3	T18	7127049	1684481	0	0	Hygge.
77	3V	0	0.0	0.0	0.0	<1.3	T18	7122049	1684411	0	0	Hygge.

Avd	Yta	Stamantal (st/ha)	Trädslagsfördelning			Höjd (m)	Ståndortsindex (H100, m)	Position		Röjningsbehov (=1, annars 0)		Övrigt
			Tall (%)	Gran (%)	Löv (%)			X (m)	Y (m)	Objektiv	Subjektiv	
72	1S	7900	69.6	1.3	29.1	8.5	T18	7127218	1684146	1	1	
72	2*	1900	78.9	5.3	15.8	7.0	T18	7127336	1684144	0	0	Lucka i beståndet. Svacka.
72	3N	5400	75.9	1.9	22.2	8.0	T18	7127454	1684140	1	1	
73	1N	13800	4.3	2.2	93.5	3.5	T18	7127370	1684290	1	1	Røj lövet, finns massor.
73	2*	4300	72.1	0.0	27.9	6.0	T18	7127275	1684290	1	1	Halva ytan i en lucka.
73	3S	5400	81.5	0.0	18.5	5.5	T18	7127186	1684298	1	1	
74	1V	3600	50.0	0.0	50.0	11.0	T18	7127146	1684421	1	1	
74	2*	3500	45.7	5.7	48.6	10.0	T18	7127146	1684461	1	1	
74	3Ö	8100	53.1	0.0	46.9	7.5	T18	7127146	1684501	1	1	
98	1Ö	3200	0.0	75.0	25.0	14.0	G17	7126298	1684386	1	0	
98	2*	3800	0.0	68.4	31.6	13.5	G17	7126284	1684339	1	0	
98	3V	3300	0.0	33.3	66.7	16.0	G17	7126283	1684261	1	0	
97	1Ö	0	0.0	0.0	0.0	<1.3	G16	7126202	1684201	0	0	Björkar avvercade, dikat. Lerigt och blött.
97	2*	0	0.0	0.0	0.0	<1.3	G16	7126900	1684130	0	0	
97	3V	0	0.0	0.0	0.0	<1.3	G16	7126204	1684063	0	0	
104	1N	4900	0.0	6.1	93.9	12.0	G17	7125108	1683992	1	1	Röjning?
104	2*	4100	0.0	2.4	97.6	8.5	G18	7126048	1683989	1	1	Röjning?
104	3S	3500	0.0	8.6	91.4	14.0	G17	7126108	1683992	1	1	Röjning?
105	1N	2500	0.0	8.0	92.0	16.0	G18	7126047	1684146	1	0	
105	2*	3600	0.0	22.2	77.8	17.0	G18	7125999	1684152	1	0	Står ganska tätt.
105	3S	4000	0.0	62.5	37.5	15.0	G18	7125959	1684155	1	0	Står ganska tätt.

# Bilaga 2



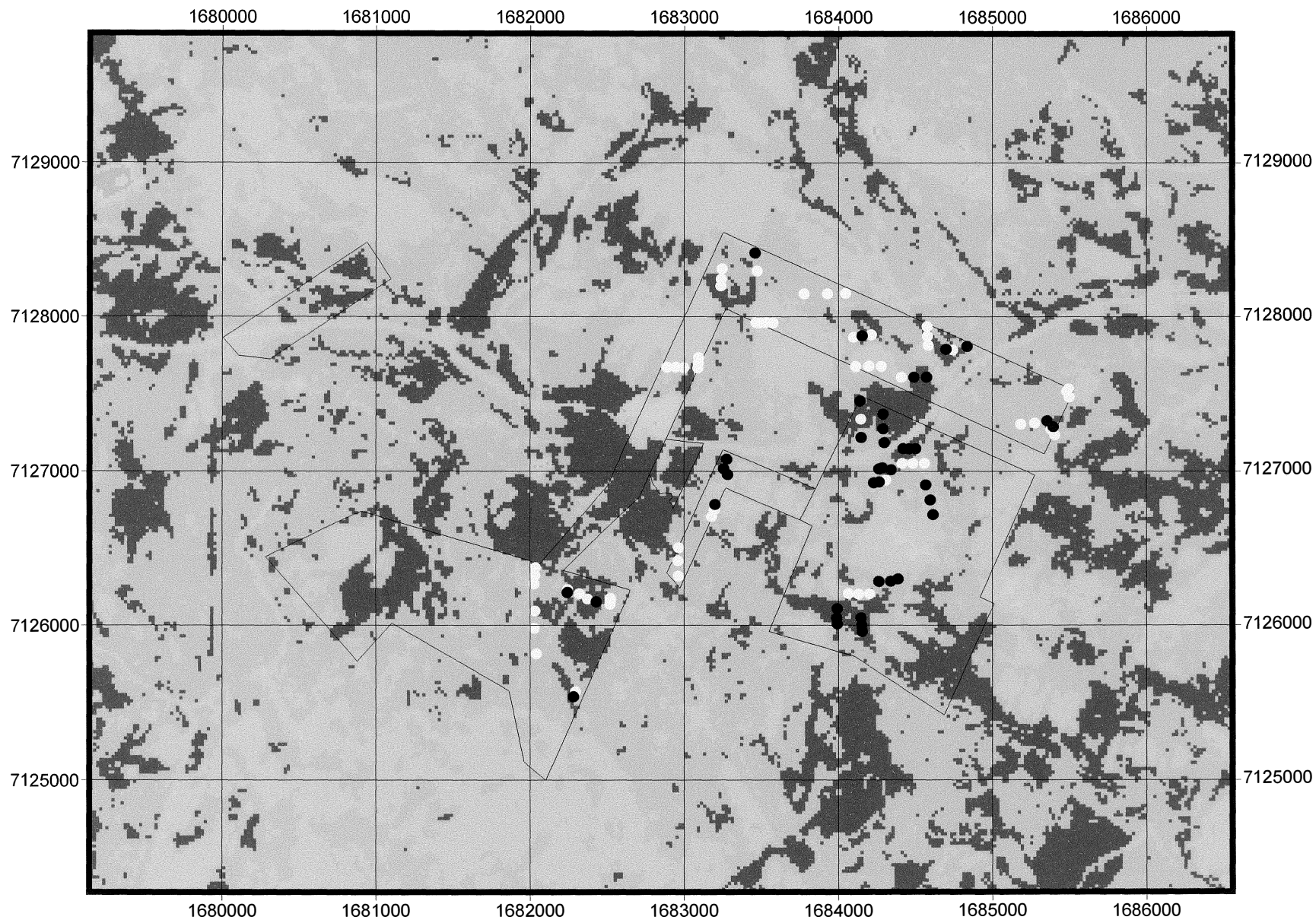
Kulbäcksliden med  
tröskelvärde 0.4



# Bilaga 3



Kulbäcksliden med  
tröskelvärde 0.3



Serien Arbetsrapporter utges i första hand för institutionens eget behov av viss dokumentation. Rapporterna är indelade i följande grupper: Riksskogstaxeringen, Planering och inventering, Biometri, Fjärranalys, Kompendier och undervisningsmaterial, Examensarbeten samt internationellt. Författarna svarar själva för rapporternas vetenskapliga innehåll.

---

### **Riksskogstaxeringen:**

- 1995    1    Kempe, G. Hjälpmedel för bestämning av slutenhet i plant- och ungskog. ISRN SLU-SRG-AR--1--SE
- 2    Riksskogstaxeringen och Ståndortskarteringen vid regional miljöövervakning. - metoder för att förbättra upplösningen vid inventering i skogliga avrinningsområden. ISRN SLU-SRG-AR--2--SE.
- 1997   23    Lundström, A., Nilsson, P. & Ståhl, G. Certifieringens konsekvenser för möjliga uttag av industri- och energived. - En pilotstudie. ISRN SLU-SRG-AR--23--SE.
- 24    Fridman, J. & Walheim, M. Död ved i Sverige. - Statistik från Riksskogstaxeringen. ISRN SLU-SRG-AR--24--SE.
- 1998   30    Fridman, J. & Kihlblom, D. & Söderberg, U. Förslag till miljöindexsystem för naturtypen skog. ISRN SLU-SRG-AR--30--SE.
- 34    Löfgren, P. Skogsmark, samt träd- och buskmark inom fjällområdet. En skattning av arealer enligt internationella ägoslagsdefinitioner. ISRN SLU-SRG-AR--34--SE.
- 37    Odell, G. & Ståhl, G. Vegetationsförändringar i svensk skogsmark mellan 1980- och 90-talet. -En studie grundad på Ståndortskarteringen. ISRN SLU-SRG-AR--37--SE.
- 38    Lind, T. Quantifying the area of edge zones in Swedish forest to assess the impact of nature conservation on timber yields. ISRN SLU-SRG-AR--38--SE.
- 1999   50    Ståhl, G., Walheim, M. & Löfgren, P. Fjällinventering. - En utredning av innehåll och design. ISRN SLU-SRG--AR--50--SE.
- 52    Riksskogstaxeringen inför 2000-talet. - Utredningar avseende innehåll och omfattning i en framtida Riksskogstaxering. Redaktörer: Jonas Fridman & Göran Ståhl. ISRN SLU-SRG-AR--52--SE.
- 54    Fridman, J. m.fl. Sveriges skogsmarksarealer enligt internationella ägoslagsdefinitioner. ISRN SLU-SRG-AR--54--SE.
- 56    Nilsson, P. & Gustafsson, K. Skogsskötseln vid 90-talets mitt - läge och trender. ISRN SLU-SRG-AR--56--SE.
- 57    Nilsson, P. & Söderberg, U. Trender i svensk skogsskötsel - en intervjuundersökning. ISRN SLU-SRG-AR--57--SE.

- 1999 61 Broman, N & Christoffersson, J. Mätfel i provträdsvariabler och dess inverkan på precision och noggrannhet i volymskattningar. ISRN SLU-SRG-AR--61--SE.
- 2000 65 Hallsby, G m.fl. Metodik för skattning av lokala skogsbränsleresurser. ISRN SLU-SRG-AR--65--SE.
- 75 von Segebaden, G. Komplement till "RIKSTAXEN 75 ÅR". ISRN SLU-SREG-AR--75--SE.

### **Planering och inventering:**

- 1995 3 Holmgren, P. & Thuresson, T. Skoglig planering på amerikanska västkusten - intryck från en studieresa till Oregon, Washington och British Columbia 1-14 augusti 1995. ISRN SLU-SRG-AR--3--SE.
- 4 Ståhl, G. The Transect Relascope - An Instrument for the Quantification of Coarse Woody Debris. ISRN SLU-SRG-AR--4--SE
- 1996 15 van Kerkvoorde, M. A sequential approach in mathematical programming to include spatial aspects of biodiversity in long range forest management planning. ISRN SLU-SRG-AR--15--SE.
- 1997 18 Christoffersson, P. & Jonsson, P. Avdelningsfri inventering - tillvägagångssätt och tidsåtgång. ISRN SLU-SRG-AR--18--SE.
- 19 Ståhl, G., Ringvall, A. & Lämås, T. Guided transect sampling - An outline of the principle. ISRN SLU-SRGL-AR--19--SE.
- 25 Lämås, T. & Ståhl, G. Skattning av tillstånd och förändringar genom inventerings-simulering - En handledning till programpaketet "NVSIM". ISRN SLU-SRG-AR--25--SE.
- 26 Lämås, T. & Ståhl, G. Om dektering av förändringar av populationer i begränsade områden. ISRN SLU-SRG-AR--26--SE.
- 1999 59 Petersson, H. Biomassafunktioner för trädfraktioner av tall, gran och björk i Sverige. ISRN SLU-SRG-AR--59--SE.
- 63 Fridman, J., Löfstrand, R. & Roos, S. Stickprovsvis landskapsövervakning - En förstudie. ISRN SLU-SRG-AR--63--SE.
- 2000 68 Nyström, K. Funktioner för att skatta höjdtillväxten i ungskog. ISRN SLU-SRG-AR--68--SE.
- 70 Walheim, M. & Löfgren, P. Metodutveckling för vegetationsövervakning i fjällen. ISRN SLU-SRG-AR--70--SE.
- 73 Holm, S. & Lundström, A. Åtgärdsprioriteter. ISRN SLU-SRG-AR--73--SE.



76 Fridman, J. & Ståhl, G. Funktioner för naturlig avgång i svensk skog.  
ISRN SLU-SRG-AR--76--SE.

2001 82 Holmström, H. Averaging Absolute GPS Positionings Made Underneath Different  
Forest Canopies - A Splendid Example of Bad Timing in Research.  
ISRN-SRG-AR--82--SE.

#### **Biometri:**

1997 22 Ali, Abdul Aziz. Describing Tree Size Diversity. ISRN SLU-SEG-AR--22--SE.

1999 64 Berhe, L. Spatial continuity in tree diameter distribution.  
ISRN SLU-SRG-AR--64--SE

#### **Fjärranalys:**

1997 28 Hagner, O. Satellitfjärranalys för skogsföretag. ISRN SLU-SRG-AR--28--SE.

29 Hagner, O. Textur till flygbilder för skattning av beståndsegenskaper.  
ISRN SLU-SRG-AR--29--SE.

1998 32 Dahlberg, U., Bergstedt, J. & Pettersson, A. Fältinstruktion för och erfarenheter från  
vegetationsinventering i Abisko, sommaren 1997. ISRN SLU-SRG-AR--32--SE.

43 Wallerman, J. Brattåkerinventeringen. ISRN SLU-SRG-AR--28--SE.

1999 51 Holmgren, J., Wallerman, J. & Olsson, H. Plot - Level Stem Volume Estimation and  
Tree Species Discrimination with Casi Remote Sensing.  
ISRN SLU-SRG-AR--51--SE.

53 Reese, H. & Nilsson, M. Using Landsat TM and NFI data to estimate wood volume,  
tree biomass and stand age in Dalarna. ISRN SLU-SRG-AR--53--SE.

2000 66 Löfstrand, R., Reese, H. & Olsson, H. Remote Sensing aided Monitoring of Non-  
Timber Forest Resources - A literature survey. ISRN SLU-SRG-AR--66--SE.

69 Tingelöf, U & Nilsson, M. Kartering av hyggeskanter i pankromaötiska SPOT-bilder.  
ISRN SLU-SRG-AR--69--SE.

79 Reese, H & Nilsson, M. Wood volume estimation for Älvsbyn Kommun using spot  
satellite data and NFI plots. ISRN SLU-SRG-AR--79--SE.

#### **Kompendier och undervisningsmaterial:**

1996 14 Holm, S. & Thuresson, T. samt jägm.studenter kurs 92/96. En analys av skogstill-  
ståndet samt några alternativa avverkningsberäkningar för en del av Östads säteri.  
ISRN SLU-SRG-AR--14--SE.

- 21 Holm, S. & Thuresson, T. samt jägm.studenter kurs 93/97. En analys av skogsstillståndet samt några alternativa avverkningsberäkningar för en stor del av Östads säteri. ISRN SLU-SRG-AR--21--SE.
- 1998 42 Holm, S. & Lämås, T. samt jägm.studenter kurs 93/97. An analysis of the state of the forest and of some management alternatives for the Östad estate. ISRN SLU-SRG-AR--42--SE.
- 1999 58 Holm, S. samt studenter vid Sveriges lantbruksuniversitet i samband med kurs i strategisk och taktisk skoglig planering år 1998. En analys av skogsstillståndet samt några alternativa avverknings beräkningar för Östads säteri. ISRN SLU-SRG-AR--58--SE.

#### **Examensarbeten:**

- 1995 5 Törnquist, K. Ekologisk landskapsplanering i svenskt skogsbruk - hur började det?. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--5--SE.
- 1996 6 Persson, S. & Segner, U. Aspekter kring datakvaliténs betydelse för den kortsiktiga planeringen. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--6--SE.
- 7 Henriksson, L. The thinning quotient - a relevant description of a thinning? Gallringskvot - en tillförlitlig beskrivning av en gallring? Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--7--SE.
- 8 Ranvald, C. Sortimentinriktad avverkning. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--8--SE.
- 9 Olofsson, C. Mångbruk i ett landskapsperspektiv - En fallstudie på MoDo Skog AB, Örnsköldsviks förvaltning. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--9--SE.
- 10 Andersson, H. Taper curve functions and quality estimation for Common Oak (*Quercus Robur* L.) in Sweden. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--10--SE.
- 11 Djurberg, H. Den skogliga informationens roll i ett kundanpassat virkesflöde. - En bakgrundsstudie samt simulering av inventeringsmetoders inverkan på noggrannhet i leveransprognoser till sågverk. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--11--SE.
- 12 Bredberg, J. Skattning av ålder och andra beståndsvariabler - en fallstudie baserad på MoDo:s indelningsrutiner. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--14--SE.
- 13 Gunnarsson, F. On the potential of Kriging for forest management planning. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--13--SE.



- 16 Tormalm, K. Implementering av FSC-certifiering av mindre enskilda markägares skogsbruk. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--16--SE.
- 1997 17 Engberg, M. Naturvärden i skog lämnad vid slutavverkning. - En inventering av upp till 35 år gamla föryngringsytor på Sundsvalls arbetsomsåde, SCA. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN-SLU-SRG-AR--17--SE.
- 20 Cedervind, J. GPS under krontak i skog. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--20--SE.
- 27 Karlsson, A. En studie av tre inventeringsmetoder i slutavverkningsbestånd. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--27--SE.
- 1998 31 Bendz, J. SÖDRAs gröna skogsbruksplaner. En uppföljning relaterad till SÖDRAs miljömål, FSC's kriterier och svensk skogspolitik. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--31--SE.
- 33 Jonsson, Ö. Trädsikt och ståndortsförhållanden i strandskog. - En studie av tre bäckar i Västerbotten. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--33--SE.
- 35 Claesson, S. Thinning response functions for single trees of Common oak (*Quercus Robur* L.) Examensarbete. ISRN SLU-SEG-AR--35--SE.
- 36 Lindskog, M. New legal minimum ages for final felling. Consequences and forest owner attitudes in the county of Västerbotten. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--36--SE.
- 40 Persson, M. Skogsmarksindelningen i gröna och blå kartan - en utvärdering med hjälp av riksskogstaxeringens provytor. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--40--SE.
- 41 Eriksson, F. Markbaserade sensorer för insamling av skogliga data - en förstudie. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--41--SE.
- 45 Gessler, C. Impedimentens potentiella betydelse för biologisk mångfald. - En studie av myr- och bergimpediment i ett skogslandskap i Västerbotten. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--45--SE.
- 46 Gustafsson, K. Långsiktsplanering med geografiska hänsyn - en studie på Bräcke arbetsområde, SCA Forest and Timber. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--46--SE.
- 47 Holmgren, J. Estimating Wood Volume and Basal Area in Forest Compartments by Combining Satellite Image Data with Field Data. Examensarbete i ämnet Fjärranalys. ISRN SLU-SRG-AR--47--SE.
- 49 Härdelin, S. Framtida förekomst och rumslig fördelning av gammal skog. - En fallstudie på ett landskap i Bräcke arbetsområde. Examensarbete SCA. ISRN SLU-SRG-AR--49--SE.
- 1999 55 Imamovic, D. Simuleringsstudie av produktionskonsekvenser med olika miljömål. Examensarbete för Skogsstyrelsen. ISRN SLU-SRG-AR--55--SE

- 62 Fridh, L. Utbytesprognoser av rotstående skog. Examensarbete i skoglig planering. ISRN SLU-SRG-AR--62--SE.
- 2000 67 Jonsson, T. Differentiell GPS-mätning av punkter i skog. Point-accuracy for differential GPS under a forest canaopy. ISRN SLU-SRG-AR--67--SE.
- 71 Lundberg, N. Kalibrering av den multivariata variabeln trädslagsfördelning. Examensarbete i biometri. ISRN SLU-SRG-AR--71--SE.
- 72 Skoog, E. Leveransprecision och ledtid - två nyckeltal för styrning av virkesflödet. Examensarbete i skoglig planering. ISRN SLU-SRG-AR--72--SE.
- 74 Johansson, L. Rotröta i Sverige enligt Riksskogstaxeringen. Examens arbete i ämnet skogsindelning och skogsuppskattning. ISRN SLU-SRG-AR--74--SE.
- 77 Nordh, M. Modellstudie av potentialen för renbete anpassat till kommande slutavverkningar. Examensarbete på jägmästarprogrammet i ämnet skoglig planering. ISRN SLU-SRG-AR--77--SE.
- 78 Eriksson, D. Spatial Modeling of Nature Conservation Variables useful in Forestry Planning. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--78--SE.
- 81 Fredberg, K. Landskapsanalys med GIS och ett skogligt planeringssystem. Examensarbete på skogsvetarprogrammet i ämnet skogshushållning. ISRN SLU-SRG-AR--81--SE.
- 83 Lindroos, O. Underlag för skogligt länsprogram Gotland. Examensarbete i ämnet skoglig planering. ISRN SLU-SRG-AR--83--SE
- 84 Dahl, M. Satellitbildsbaserade skattningar av skogsområden med röjningsbehov. Examensarbete på skogsvetarprogrammet i ämnet skoglig planering. ISRN SLU-SRG-AR--84--SE.

### **Internationellt:**

- 1998 39 Sandewall, Ohlsson, B & Sandewall, R.K. People's options on forest land use - a research study of land use dynamics and socio-economic conditions in a historical perspective in the Upper Nam Nan Water Catchment Area, Lao PDR. ISRN SLU-SRG-AR--39--SE.
- 44 Sandewall, M., Ohlsson, B., Sandewall, R.K., Vo Chi Chung, Tran Thi Binh & Pham Quoc Hung. People's options on forest land use. Government plans and farmers intentions - a strategic dilemma. ISRN SLU-SRG-AR--44--SE.
- 48 Sengthong, B. Estimating Growing Stock and Allowable Cut in Lao PDR using Data from Land Use Maps and the National Forest Inventory (NFI). Master thesis. ISRN SLU-SRG-AR--48--SE.

- 1999 60 Inter-active and dynamic approaches on forest and land-use planning - proceedings from a training workshop in Vietnam and Lao PDR, April 12-30, 1999.  
Edited by Mats Sandewall ISRN SLU-SRG-AR--60--SE.
- 2000 80 Sawathvong. S. Forest Land Use Planning in Nam Pui National Biodiversity Conservation Area, Lao P.D.R. ISRN SLU-SRG-AR--80--SE.